

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-150142

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)7月4日

G 01 N 21/88  
H 01 L 21/66

E-7517-2G  
7168-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 パターン欠陥検査装置

⑯ 特 願 昭60-290589

⑰ 出 願 昭60(1985)12月25日

⑱ 発 明 者 木 村 茂 治 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑲ 発 明 者 小 野 寺 尚 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑳ 発 明 者 須 田 匡 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

㉑ 発 明 者 長 谷 忍 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

㉒ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉓ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

最終頁に続く

明 細 書

発明の名称 パターン欠陥検査装置

特許請求の範囲

1. パターンが形成された半導体基板上を微小スポットに収束したレーザ光で走査する機構と、パターンからの反射回折光を検出する、レーザ光照射場所の周辺に配置された複数の光検出器と、該光検出器の出力を処理してパターン欠陥を見つけ出す回路とから成るパターン欠陥検査装置において、正常なパターンの直線エッジから発生する反射回折光を検出する正常方向光検出器からの出力を複数のしきい値で分類する分類回路と、該分類で指定されるRAMの内容と該直線エッジ以外からの反射回折光を検出する異常方向光検出器の出力とを比較し該異常方向光検出器の出力の方が大きいとき該RAMの内容を異常方向光検出器の出力に書き換える回路と、該異常方向光検出器の出力と該分類で指定されるRAMの内容とを比較し異常方向光検出器の出力の方が大きいとき欠陥であるとする回路と

を備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置。

発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は、集積回路製造プロセスにおいて半導体基板に形成されたパターンの検査に係り、特に、角に「丸み」のあるパターンの検査に好適なパターン欠陥検査装置に関する。

〔発明の背景〕

パターンの欠陥を検出する装置として、種々の方式のものが提案されているが、その一つに、反射回折光を利用する方式のものがある。この方式は、複雑な信号処理や画像処理を必要としないので、検査速度の点で有利である。

反射回折光を利用した検査装置の例として、実開昭57-22239号がある。この装置は、正常なパターンから生じる反射回折光が本来到達しない方向に光検出器を配置してこの方向に反射回折光が発生したとき、欠陥があることを特徴としている。この欠陥検出方式は、パターンの角の

「丸み」以上の大きさの欠陥を検査対象とする場合には問題はない。しかしこの「丸み」の大きさ程度の欠陥を検査対象とするとき、この「丸み」を誤検出する問題があつた。ここで、集積回路の製造に通常使われるパターンから発生する反射回折光について考えてみる。パターンのエツヂから発生する反射回折光は、光をエツヂに対して垂直に照射したとき、パターンのエツヂに対して垂直な方向で強い。また、パターンのエツヂの一つの方向を零度としたとき、集積回路製造に使用されるエツヂの他の方向は、45度、90度、135度方向のみである。パターンの陰陽が逆転したのも同じ方向をとる。従つて、一つのパターンのエツヂから発生する反射回折光の方向（対向方向も含む）を、第3図の1の方向としたとき、他に発生する反射回折光の方向は、1の方向から45度傾いた3、90度傾いた5、135度傾いた7の方向のみである。1の方向から22.5度傾いた2、67.5度傾いた4、112.5度傾いた6、157.5度傾いた8の方向には、パターンに欠陥が存

在するかパターンの「丸み」が存在するかしない限り、強い反射回折光は発生しない1、3、5、7の方向をまとめて正常方向、2、4、6、8の方向をまとめて異常方向と呼ぶことにする。

第4図は、直角のパターン9に収束したレーザー光10を照射している状態を光照射側から見た図である。このパターンには角に「丸み」が存在する。このとき発生する反射回折光の方向は、1、5、6、7、8の方向であり、「丸み」のために6、7、8の方向が余分に発生している。6、8の方向の反射回折光が装置での誤検出の原因となつていた。

#### 〔発明の目的〕

本発明の目的は、反射回折光を利用するパターン欠陥検査装置において、パターンの屈折部の「丸み」による誤検出を少なくする手段を提供することである。

#### 〔発明の概要〕

集積回路製造プロセスでは半導体基板上に同形状のチップが多数製造され、チップ毎に同じ「丸

み」が繰り返される。この繰り返しを検査に利用する。正常な一つのチップから「丸み」の情報を得た後、この情報と他のチップから得られる情報とを比較して検査を行うという方法をとる。他のチップからの情報が正常なチップから得られた情報の許容範囲にあるならば、それは「丸み」によるものであり、欠陥としない。これにより、「丸み」による誤検出は少なくなる。

以下、「丸み」からの情報、パターンの分類、検査方法について詳しく説明する。

「丸み」から得る情報は異常方向に発生する反射回折光の強度とする。

異常方向の反射回折光はパターン欠陥の有無に敏感であり、欠陥があると大きくなる。したがつて、異常方向の反射回折光強度の大小の判定で欠陥の有無を判定する。

ところで、「丸み」にもいろいろな種類があるので、欠陥か否かの判定において「丸み」からの情報を比較するとき同じ種類の「丸み」のものを対象にする必要がある。「丸み」は二つの直線エ

ツヂで形成される。そこで、直線エツヂの組み合わせで「丸み」を分類し、同じ分類で欠陥か否かの判定を行う。この直線エツヂの組み合わせには直線エツヂ1本だけの場合も含まれるので、「丸み」の分類と云うよりパターンの分類と言つた方がよい。直線エツヂの方向は正常方向のどの方向へ反射回折光があつたかで分かる。たとえば、第4図において、1と5の方向へ反射回折光があるので、直角パターンであろうと推定できる。

照射レーザー光はガウス分布をしており、このため、レーザー光のパターンへの照射状態が異なると、同一のパターンでも異なつた強度の反射回折光が発生する。このことから、上記の方向だけのパターンの分類を広げて、強度を含めたものとする。

パターンの分類は正常方向への反射回折光の方向と強度で決まるのであるが、分類の個数と制限するために、各々の反射回折光強度を複数個のしきい値で分類する。結局、パターンの分類は、正常方向への反射回折光の方向とその強度の分類との組み合わせで決まることになる。このパターンの

分類には、正常方向のうち2方向だけが大きいものだけでなく、3方向あるいは4方向とも大きいものも含まれ得る。

本発明における検査方法では、最初に正常なチップから基準となる情報をRAM（ランダムアクセスメモリ）に記憶する。記憶のためのRAMのアドレスはパターン分類と対応付けておく。一つのチップには同形状のパターンが多数あるため、同じパターン分類が何回も出現することがある。同じパターン分類が出現しても、異常方向への反射回折光の強度が異なることがあるので、その分類に対して最大値のものをデータとする。

検査時は、発生した反射回折光の正常方向の信号を処理してパターン分類を行い、この分類で指定されるRAMの内容と、同時に発生した異常方向の信号とを比較する。この異常方向の信号の方がRAMの内容より大きいとき、この異常方向の信号を発生させたパターンに欠陥があるものとし、逆に小さい場合は、「丸み」によるものと考えて欠陥としない。

装置のブロック図を示している。まず、正常なチップから、検査の基準となるデータを作る場合の回路について説明する。このデータは1チップ上をレーザ光で走査しながら作られる。RAM24のすべてのアドレスのデータにはあらかじめマイクロコンピュータ22により零が書き込まれているものとする。正常方向光検出器12の対向方向の出力は加算機15で加え合わされた後、16のアナログデジタル変換器で一定周期毎にnビットにデジタル化される。nビットのデータは分類回路19で大きさの仕分けが行われる。つまり、しきい値 $V_{th}(1) \sim V_{th}(n)$  ( $V_{th}(1) < V_{th}(2) < \dots < V_{th}(n)$ ) とnビットのデータとで大きさが比較され、nビットのデータの分類情報がmビットのデータとして出てくる。たとえば、しきい値が7個ある場合は、大きさの分類は8個あるので、分類回路19から出てくるデータは3ビットで十分である。分類回路19から出てくるデータをRAM24のアドレスに入力する。この4×mビットのデータはパターン分類に対応する。モードコントローラ

〔発明の実施例〕

以下、本発明の一実施例を第1図、第2図により説明する。

第1図は反射回折光の検出光学系の構成を示しており、(a)図は微細パターンの形成された半導体基板（以下、単に基板と呼ぶ）11を斜め上方から見た図である。収束されたレーザ光10を基板11上に照射し、発生した反射回折光14を斜め上方に設置した光検出器12-1、13-1等で検出する。この(a)では他の光検出器は省略されている。また、収束レーザ光10の照射位置の走査が可能である。(b)図は基板11を上方から見た場合の正常方向光検出器12に、および異常方向光検出器13の配置図である。光検出器12は正常なパターンの直線エッジから発生する強い反射回折光を検出し、異常方向光検出器13は直線エッジからの反射回折光が入射しない方向に配置されている。

第2図は光検出器12、13からの出力の処理

21は、まず、4×mビットで定まったアドレスに入っているRAM24のデータを読み出し、そのデータを大小比較器23に送る。このとき20のパツファは高いインピータンスになっている。一方、異常方向光検出器13からの出力は、すべて、17の加算器で加え合わされた後、18のアナログデジタル変換器でnビットにデジタル化される。この信号は大小比較器23に送られる。大小比較器23にはRAM24とアナログデジタル変換器18とからデータが送られてきていることになる。18からのデータが大きいと判定されたときには、コントローラ21によりRAM24は書き込みモードになり、20のパツファからRAM24へ18のデータが送られ、同じアドレスに書き込まれる。もし、RAM24のデータの方が大きいのであれば、何もせずに、次の周期で定まるアドレスに対する処理へ進む。

次に、欠陥を検査するとき回路について説明する。RAM24にはすでに他の正常なチップを使ってデータが書き込まれているものとする。前記

の基準となるデータを作る場合には、RAMからの読み出しと書き込みを行つたが、検査の場合はRAM24からの読み出しだけでよい。レーザー光を走査する毎にRAM24のアドレスへ入る4×mビットデータが定まり、このアドレスの内容と検査しているチップによる18のアナログデジタル交換器の出力とを大小比較器23で比較し、18の出力の方が大きいとき欠陥信号25を出力する。当然のことながら、20のバッファは高インピーダンスになっている。

#### (発明の効果)

本発明によれば、パターンの「丸み」の情報を他のチップから得て、この情報を基に検査を行うので、パターンの「丸み」による誤検出を低減する効果がある。

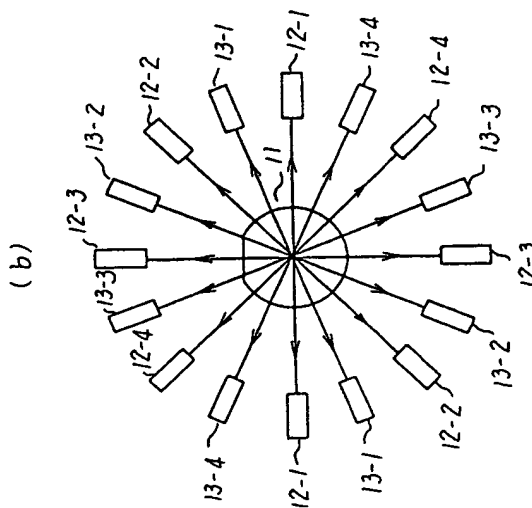
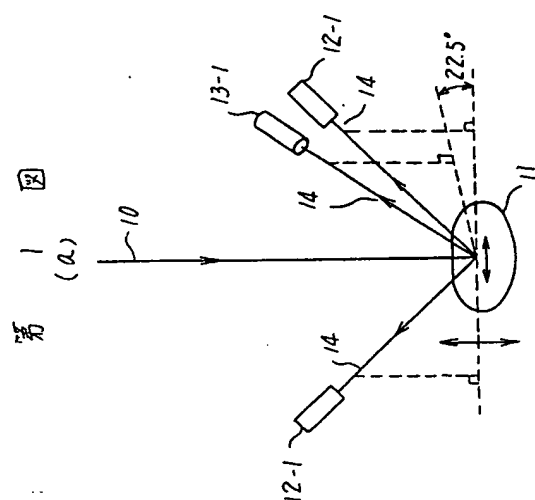
#### 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例説明用の検出光学系の概略図で、(a)は斜め上方から見た図、(b)は上方から見た光検出器の配置図、第2図はその信号処理装置のブロック構成図、第3図は反射回

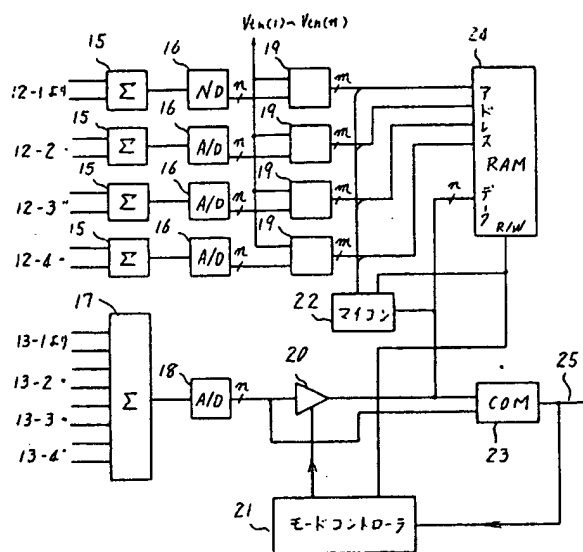
折光の方向を示す図、第4図は「丸み」の存在するパターンから発生する反射回折光の方向を示す図である。

1～8…反射回折光の方向、9…パターン、10…収束レーザー光、11…基板、12-1～12-4…正常方向光検出器、13-1～13-4…異常方向光検出器、14…反射回折光、15、17…加算器、16、18…アナログデジタル変換器、19…分類回路、20…バッファ、21…モードコントローラ、22…マイクロコンピュータ、23…大小比較器、24…RAM、25…欠陥信号。

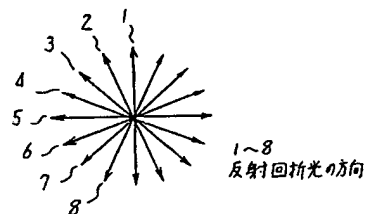
代理人 弁理士 小川勝男



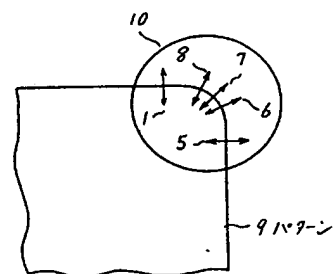
第 2 図



第 3 図



第 4 図



第1頁の続き

⑫発 明 者 棟 方 忠 輔 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中  
 央研究所内  
 ⑬発 明 者 斎 藤 幹 人 小平市上水本町1450番地 株式会社日立製作所武蔵工場内

# Translation of Ref. 4 (JP-A-62-150192)

## PATTERN DEFECT INSPECTION APPARATUS

1. A pattern defect inspection apparatus comprising an arrangement for scanning a semiconductor substrate, on which a pattern is formed, by ~~a laser beam~~ focused into a microscopic spot, a plurality of ~~photo-detectors~~ positioned in peripheral position of irradiating spot of the laser beam, and a circuit for processing outputs of the photo-detectors to detect pattern defect, characterized in that said apparatus comprising:
  - a classification circuit for classifying the outputs from photo-detectors based on a plurality of classification thresholds, said photo-detectors being positioned in normal directions for detecting diffracted lights reflected by a straight edge of a normal pattern,
  - a circuit ~~for~~ comparing each of outputs from abnormal direction ~~photo-detectors~~ with stored contents of ~~RAM~~ specified by said classification to rewrite said content with the corresponding output of the abnormal direction photo-detector if the corresponding output of said photo-detector in the abnormal direction is greater than that of said normal direction, said photo-detectors being positioned in abnormal directions for detecting diffracted lights reflected by other than said straight edge, and
  - a circuit for comparing each of the outputs from said photo-detectors in the abnormal directions with the corresponding content of the RAM to determine a defect to exist if the corresponding output of said

photo-detector in the abnormal direction is greater than that of said normal direction.

### Detail Description of the Invention

#### [Field of the Invention]

The present invention relates to pattern defect inspection apparatus for inspecting of a pattern formed on a semiconductor substrate during a semiconductor manufacturing process, and more particularly to a pattern defect inspection apparatus with reduced erroneous detection cause by roundness formed at the edge of a pattern.

#### [Background of the Invention]

Several apparatus have been proposed for detecting a pattern defect, and one of such device can for example be found which utilizes reflected diffractive lights. This kind of apparatus has an advantage in regard to inspecting speed since it does not require any complicated signal or graphical processing.

An exemplifying inspection apparatus, which utilized reflected diffractive lights was disclosed in Japanese Utility Model Application Laid-Open No.57-22239. The apparatus is characterized by determining a defect to exist if a diffracted light is detected by its photo-detector positioned in the direction, wherein any diffracted light cannot be received from a normal pattern. This type of defect detecting system could be operated without producing any problem unless the inspecting object has larger size in defect than the "roundness" of its pattern edge. However, the apparatus had such a problem to produce erroneous

detection if it had a similar size as the "roundness". Considering now a diffracted light reflected by a normally used pattern during manufacturing process of semiconductor, the diffracted light reflected by an edge of the pattern has a stronger intensity in perpendicular direction relative to the edge of the pattern when the beam is perpendicularly irradiated to the edge. Also, when one of directions of pattern edge is defined to be an angle of zero degree, then the other directions of the edge used during the IC manufacturing process are only 45, 90, and 135 degrees respectively. Such a pattern, which takes opposite polarity, also shows similar directions as described above.

Thus, when one direction (including its opposite direction) of diffracted light reflected by an edge of the pattern is referenced as a direction of "1" as shown in Fig.3, the other directions of the diffracted light are only 45, 90 and 135 degree positions inclined from the direction "1" respectively denoted as "3", "5", and "7". In directions of "2", "4", "6" and "8" having inclination of 22.5, 67.5 and 157.5 degrees respectively from the direction of "1", no strong diffracted lights are generated unless the pattern itself has a defect or "roundness". Those directions indicated by "1", "4", "6" and "8" are hereinafter referred to as "normal direction" respectively, and those directions indicated by "2", "4", "6" and "8" are referred to as "abnormal direction" respectively.

Fig.4 shows a diagram of a rectangular pattern 9 observed from a position side of a light source, which is irradiating a focused laser



beam 10 onto the pattern. In this case, the pattern has "roundness" so that diffracted lights generated by it exist in the directions of 1, 5, 6, and 8, and also excessively exist in the directions of 6, 7 and 8 caused by its roundness. In prior inspection apparatus, these diffracted lights in the directions of 6, 7 and 8 have led to an erroneous detection.

[Object of the Invention]

It is an object of the present invention to provide means for detecting a defect(s) in a pattern with decreased erroneous detection in a pattern defect inspection apparatus, which utilizes diffracted lights.

[Summary of the Invention]

In IC manufacturing process, a number of chips of similar size manufactured on a semiconductor substrate wherein the same "roundness" is reproduced for every chip. Such a repetition is utilized for inspection. According to the present invention, testing is performed in a manner to obtain information of "roundness" from a normal chip, and then to compare the information with the information obtained from the other chip. If the information from the other chip is included within an acceptable limit, then it determines that the information is caused by the "roundness", and it is not a defect, thereby erroneous detection of the device is decreased.

Now, detailed description will be made about information generated by the "roundness", classification of the pattern, and inspection method thereof.

4

It is defined that the information generated by the "roundness" represents the intensity of the diffracted light reflected to the corresponding abnormal direction.

The diffracted light to the abnormal direction is sensitive to the existence of pattern defect, and if any pattern defect exists, its intensity is increased. It can thus be determined by the magnitude of the intensity of the diffracted light to the abnormal direction whether any pattern defect may exist or not.

It should be noted that the comparison of information of "roundness" should be done between the same kind of the "roundness" in order to determine whether the object has any defect or not, since there are several kinds of "roundness". The "roundness" is formed by two straight edges. Then, the "roundness" is classified by combinations of lines, and the determination of defect or not is done based on the same classification. In the combination of straight edges, a single straight edge is also included so that it can be better to say that the classification is made based on the patterns rather than the "roundness". The direction of the straight edge can be determined from the fact that "in what normal direction the diffracted light is detected". For example, if the diffracted lights are detected at the directions 1 and 5 as shown in Fig.4, the pattern could then be presumed as a rectangular pattern.

Irradiating laser beam has the Gaussian distribution so that a diffracted light of a different intensity could appear even though from the same pattern if irradiating condition of the laser beam onto the

pattern is different. Thus, the pattern classification is extended from the direction only as mentioned above to that in which the intensity is also included.

While the classification of the patterns can be determined by the diffracted lights in the normal directions and their intensities, the respective intensity of the diffractive light is classified by the plurality of thresholds in order to limit of the number of classifications. In the end, the classification of patterns can be determined by the combination of existence of the diffractive lights in the normal directions and the classifications given to their intensities. It may also be included not only two directions among the normal directions but also 3 or 4 directions in which intensities are simultaneously large.

According to the inspection method of the present invention, reference information is initially read from a normal chip and stored in a RAM (random access memory). Each address for storing the information into the RAM is assigned so as to correspond with the respective pattern classification, since several patterns of a similar shape may exist for a single chip, the same pattern classification may appear for a different chip for several times. Even though the same patterns may appear for a single chip, there is still some possibility that the intensity of the refracted light thereof is different so that the maximum magnitude for the particular classification is utilized as data for that light.

During inspection, a signal which is generated by the diffracted light in the normal direction is processed for classifying the pattern, and compared with the simultaneously generated signal of the abnormal direction. If the magnitude of the signal of the abnormal direction is larger than the content of the RAM, then decision is made that the pattern, which generated the signal of the abnormal direction, is defective. Otherwise, it is understood that the signal is generated by the "roundness", and the pattern is not defective.

[Embodiment of the Invention]

Now, an embodiment of the present invention will be described with referencing Fig.1 and 2. Fig. 1 shows an arrangement of the detector optics for diffracted lights, wherein (a) shows a diagram of a semiconductor substrate (hereinafter simply called substrate) looking down perspectively from the top, on which a microscopic pattern is formed. The substrate 11 is irradiated by a focused laser beam 10, and diffracted lights 14 are reflected from the substrate and detected by photo-detectors 12-1 and 13-1 and others not shown in Fig.1 (a), which are positioned at obliquely upper side of it. Irradiating position of the laser light 10 can be changed for scanning. Fig.1 (b) shows a layout drawing of photo-detectors 12 and 13 for normal and abnormal directions looking down the substrate 11 from the top. These detectors are positioned at angular spacing of 22.5 degree. Each of the detectors 12 of the normal directions detects the diffracted light of strong intensity generated by a straight edge of a normal pattern, while each

of the detectors 13 of the abnormal directions is positioned in the direction where the diffracted light is never received from the straight edge.

Fig.2 shows a block diagram of a processing device of the output from the photo-detectors 12 and 13. Firstly, an instance is described in which a reference data for inspection is produced. The reference data is produced by a scanning a laser beam onto a chip. It is assumed that every address of the RAM 24 is preliminarily written "zero" by a microcomputer 22. Two outputs of the detectors 12, which are symmetrically positioned to the center thereof, are added together in adders 15, and outputs of which are then provided to analog to digital converters 16, in which the outputs are respectively digitized into n-bit data with a certain time period. These n-bit data are classified according to its magnitude. That is, threshold values  $V_{th}(1) - V_{th}(n)$  are respectively compared with n-bit data to produce m-bit of data from classified information of n-bit data, wherein  $V_{th}(1) < V_{th}(2) < \dots < V_{th}(n)$ . For example, if the thresholds are classified into seven classes, up to eight classifications can be made, and 3-bit is thus sufficient for these data produced by classification circuits 19. The data from the classification circuits 19 are provided to address inputs of a RAM 24, and have 4 X 4 bits and correspond to the classification of the pattern. A mode controller 21 initially read out data from RAM 24 by address specified by 4 X m-bits, and the data is passed to a magnitude comparator 23. During this period, n outputs of a buffer 20, which are

connected to data I/O terminals of RAM 24, are kept in high impedance state.

On the other hand, outputs from photo-detectors 13 in the abnormal directions are added in an adder 17, and an output oh which is then digitized to n-bit signal in an analog to digital converter 18. The n-bit signals are directly passed from the converter 18 to a magnitude comparator 23, so that the data are provided both from the RAM 24 and the analog to digital converter 18. If the output data of the converter 18 is determined to be larger than the content of the RAM24, then the RAM 24 is switched to write mode by a control input from a controller 21, and data from a buffer 20 is written into the RAM24 by the same address. If the data from the RAM 24 is determined to be larger than the data from the converter 18, the microcomputer 22 proceeds to a process of an address determined by the next time period without taking any operation.

Next, description will be made to the operation during defect test. It is assumed that data from a normal reference chip is already stored in the RAM as reference data. When storing the reference data, write and read operations to the RAM 24 are required, but in pattern inspection, only read operation is required. Each time the pattern is scanned by the laser beam, 4 X m-bit data is passed to RAM 24 and stored in it, while the date read from the RAM 24 by the corresponding address is compared with the output of the analog to digital converter 18 in the comparator 23, and it outputs an abnormal signal 25 if the outputs of

converter 18 are larger than the data stored in RAM 24. During this process, output of the buffer 20 is kept in high impedance state.

[Advantage of the Invention]

According the present invention, reference information of the "roundness" of the pattern is stored and provided from the RAM, and the test is performed based on it so that such an erroneous detection related to the "roundness" of the pattern can be decreased.

[Brief Description of the Drawing]

Fig.1 is a schematic diagram of defect detection optics of an illustrative embodiment of the present invention, wherein (a) shows a diagram looking down a pattern perspectively from the top and (b) shows a layout diagram of photo-detectors looking down from the top;

Fig.2 shows a bloc diagram of the signal processing device,

Fig.3 shows directions of diffracted lights,

Fig.4 shows directions of diffracted lights reflected by a pattern having the "roundness" at the edge thereof.

1-8...direction of diffracted light of reflection

9.....pattern

10.....focused laser beam

11.....substrate

12-1---12-4.....photo-detector in the normal direction

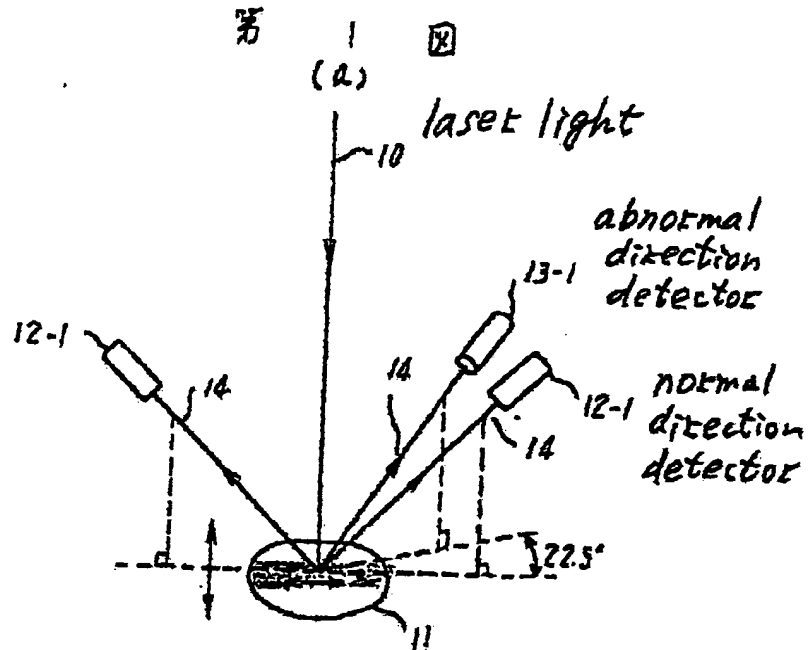
13-1---13-4.....photo-detector in the abnormal direction

14--- diffracted light of reflection

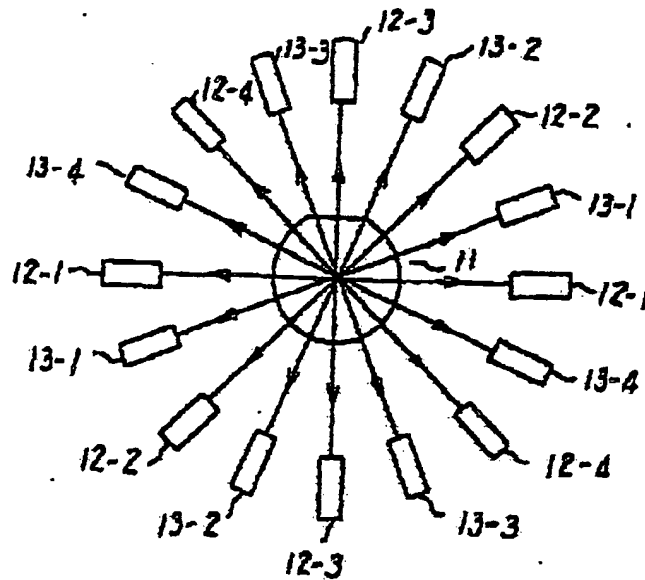
- 15,17.....adder
- 16,18.....analog to digital converter
- 19.....classification circuit
- 20.....buffer
- 21.....mode controller
- 22.....microcomputer
- 23.....magnitude comparator
- 24.....RAM
- 25.....defect signal



JP-A-62-150142



(b)

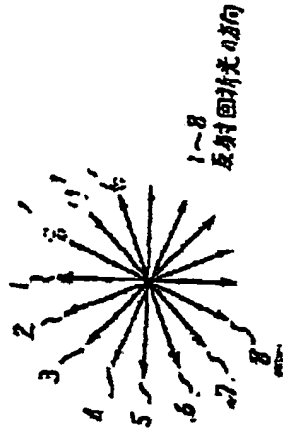


特許局は図面を記載するものとする

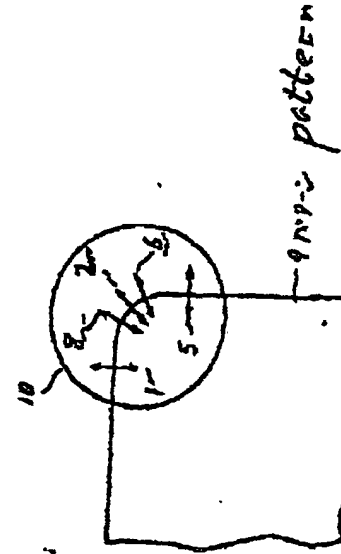
-272-

特開第 62-150142 (5)

第 3 図



第 4 図



第 2 図

